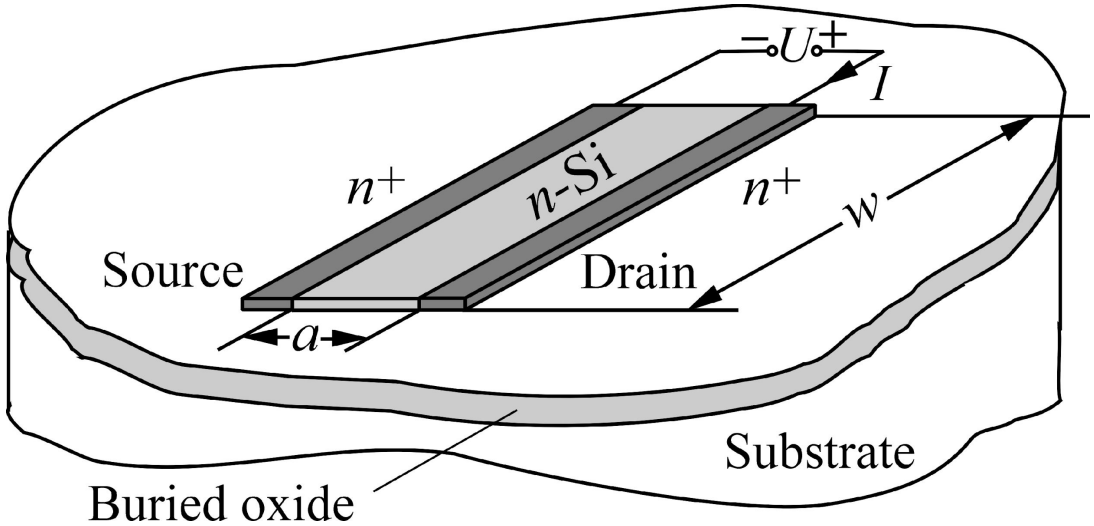
Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко
Радиофизический факультет

Протекание тока экстремально большой плотности в пленках кремния

<u>Л.В.Ищук</u>, доцент, канд. физ.-мат. наук
С.П.Павлюк, зав. лаб., канд. физ.-мат. наук

КНИ структура для исследования в режиме генератора постоянного тока



$d_{Si} = 0.4\ \mu m$ $\mu = 1400\ cm^2/V \cdot s$

$d_{ox} = 1\ \mu m$ $n = 5 \cdot 10^{15}\ cm^{-3}$

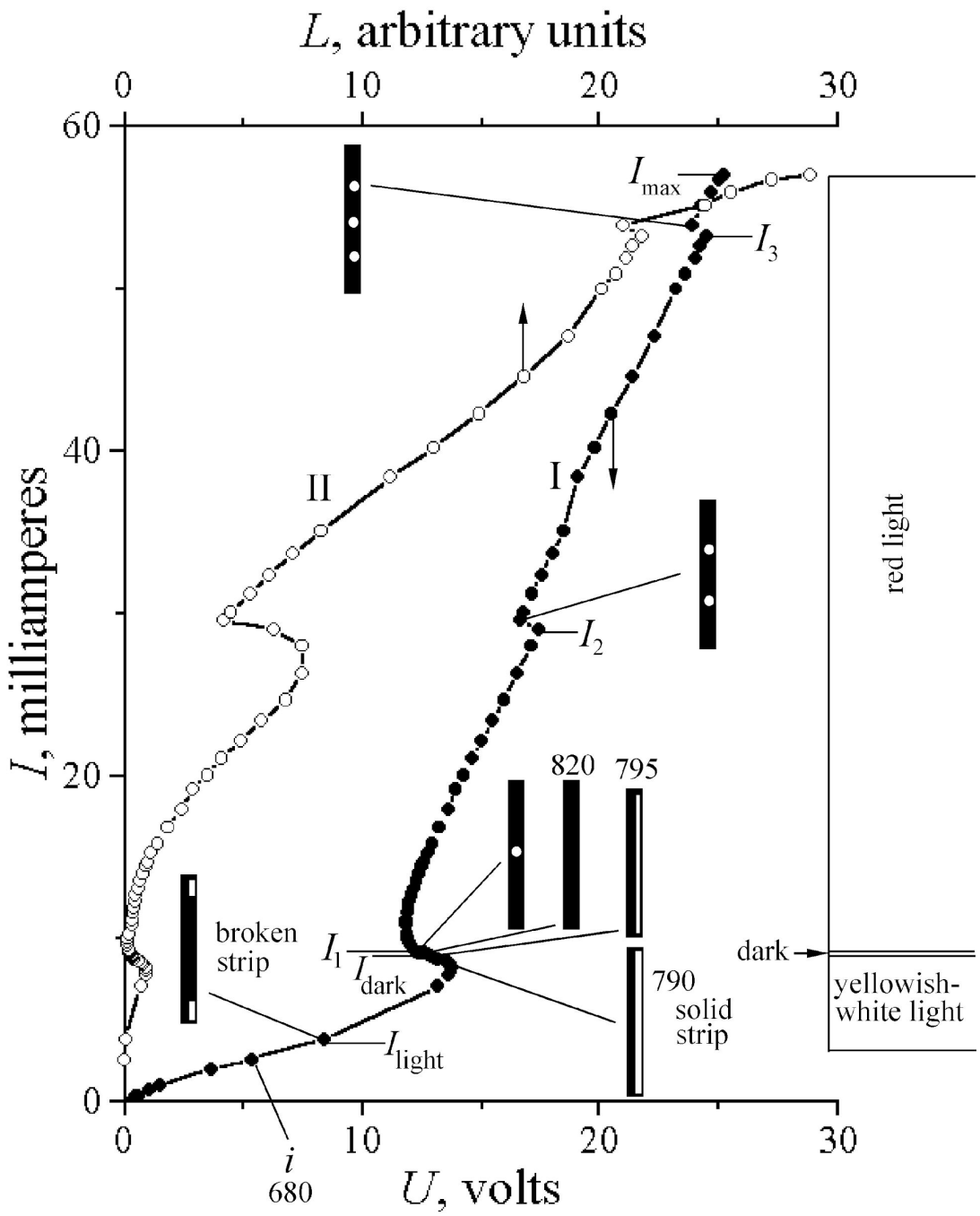
$d_{sub} = 400\ \mu m$

a, μm	3	5	10	100
w, μm	50	50	50	100

ВАХ и ЛАХ

КНИ структуры

3 μm x 50 μm

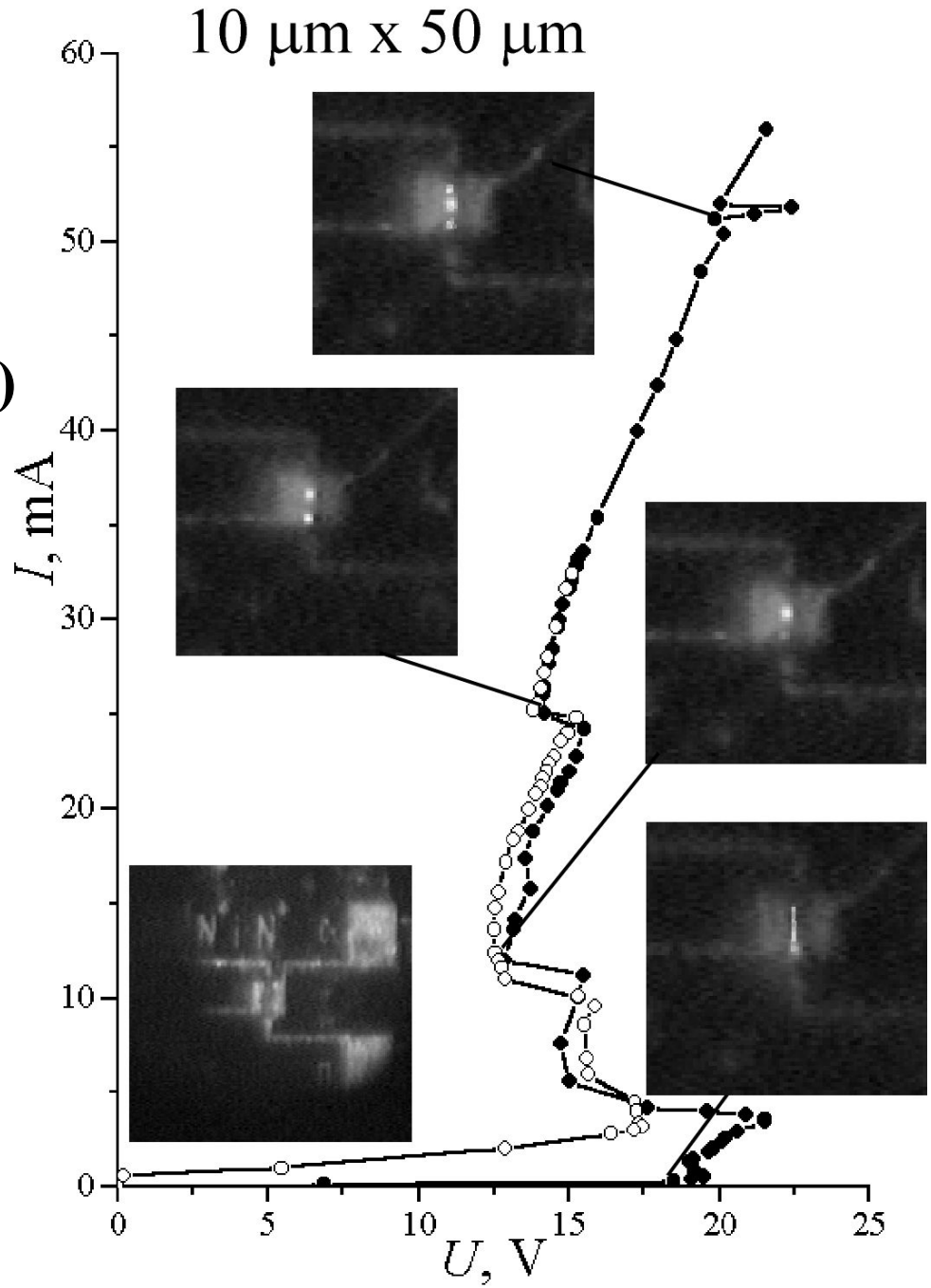


ВАХ

КНИ структуры

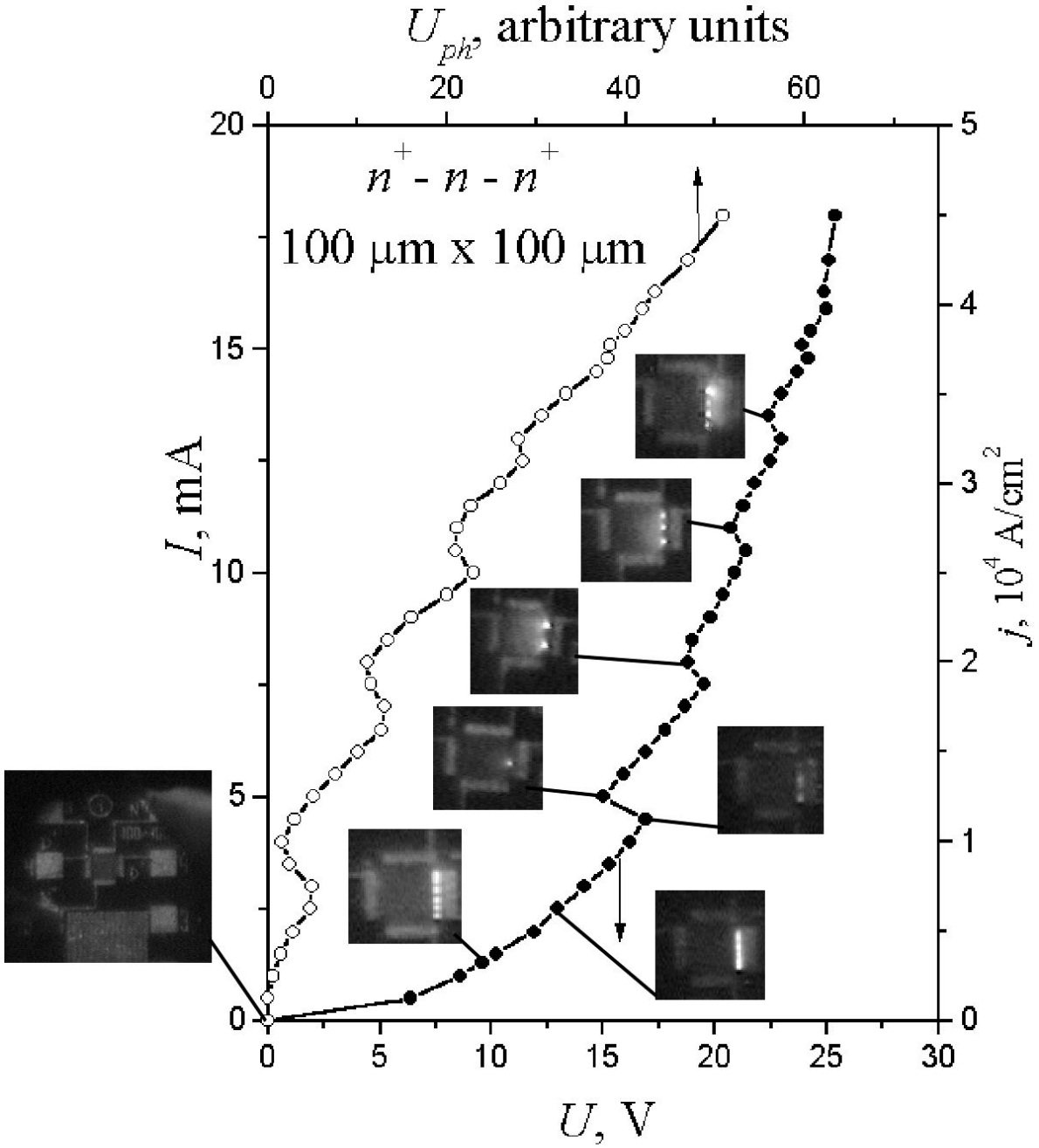
при увеличении (●)

и уменьшении (○) тока



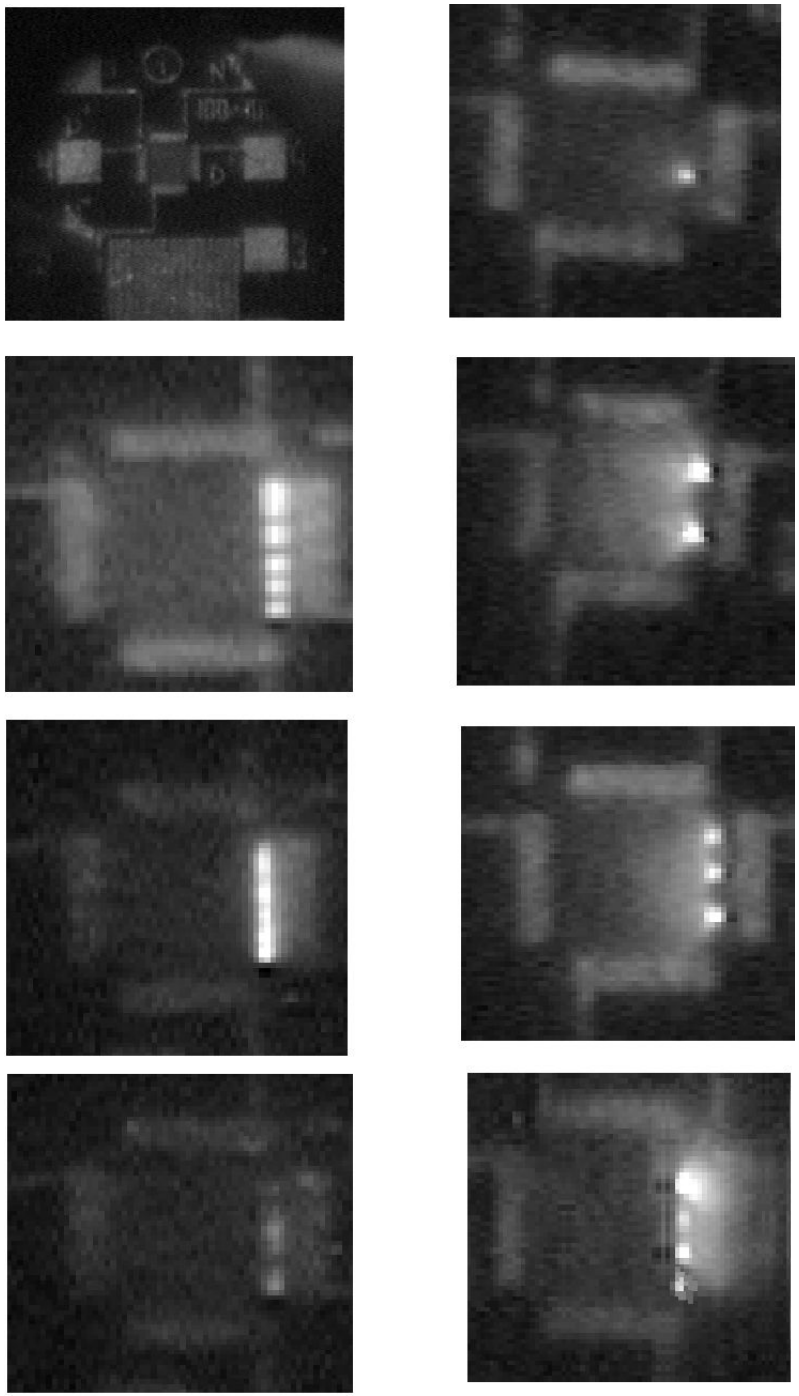
ВАХ и ЛАХ

КНИ структуры



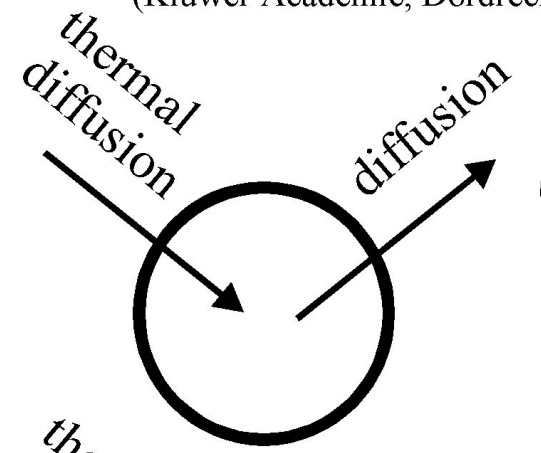
Фотографии свечения КНИ структуры

100 мкм х 100 мкм



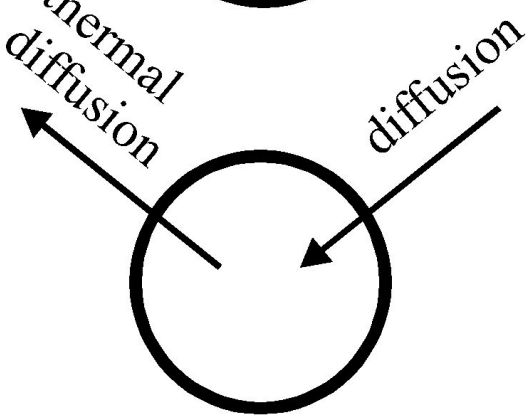
Возникновение устойчивого автосолитона

B. S. Kerner and V. V. Osipov, *Autosolitons* (Kluwer Academic, Dordrecht, 1994).



$$T_e^{in} > T_e^{out}$$

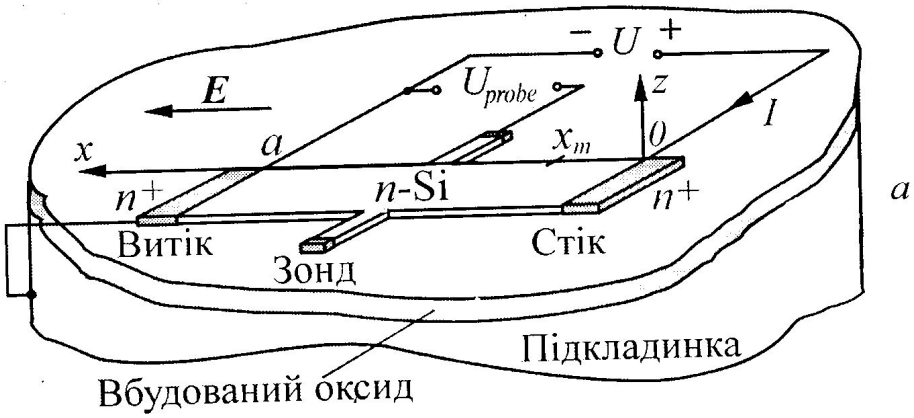
$$n^{in} < n^{out}$$

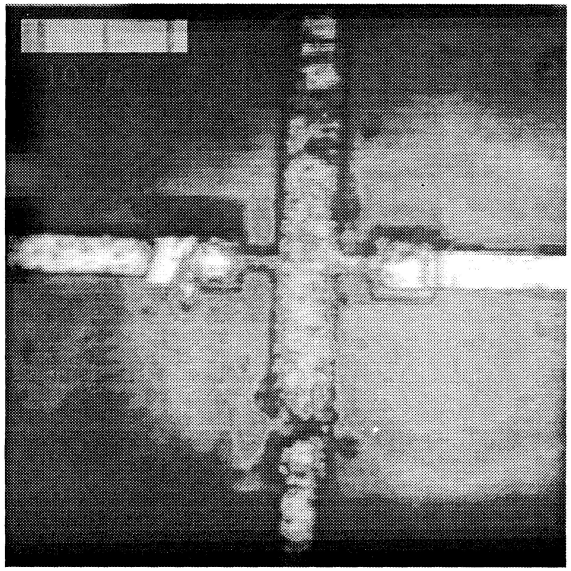


$$T_e^{in} < T_e^{out}$$

$$n^{in} > n^{out}$$

КНИ структура для исследования в режиме генератора импульсов напряжения



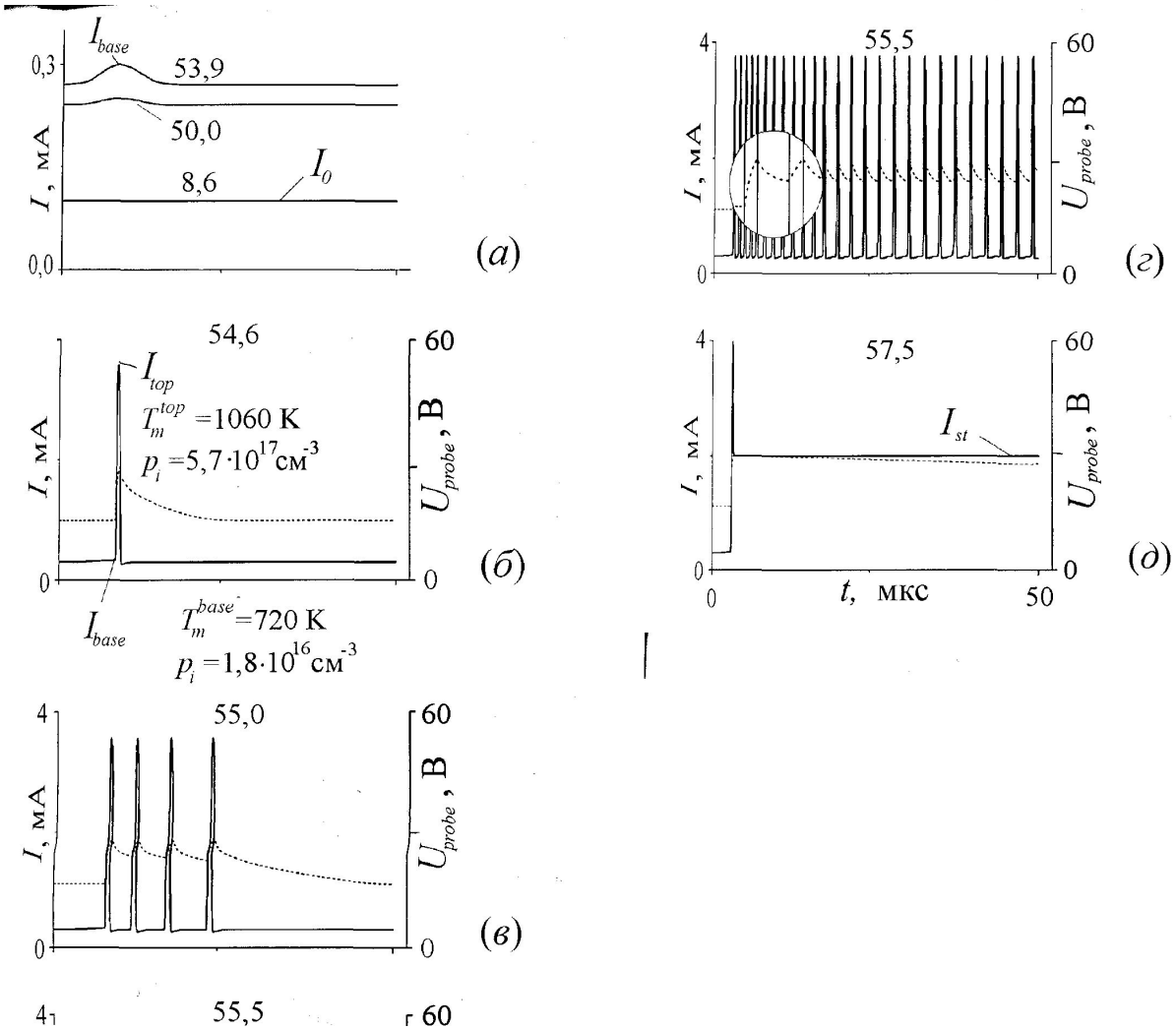


$d_{Si} = 0.4\ \mu m$ $\quad a = 25\ \mu m$

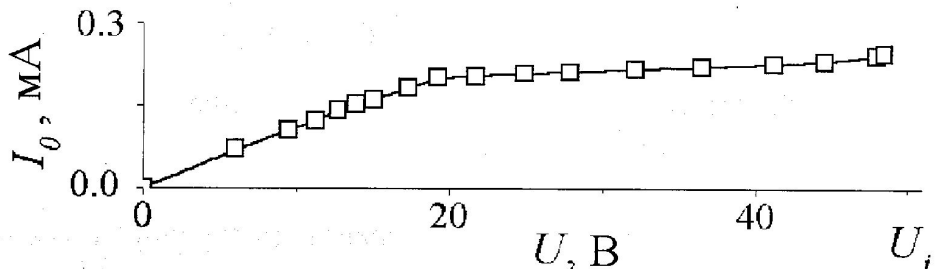
$d_{ox} = 1\ \mu m$ $\quad w = 4\ \mu m$

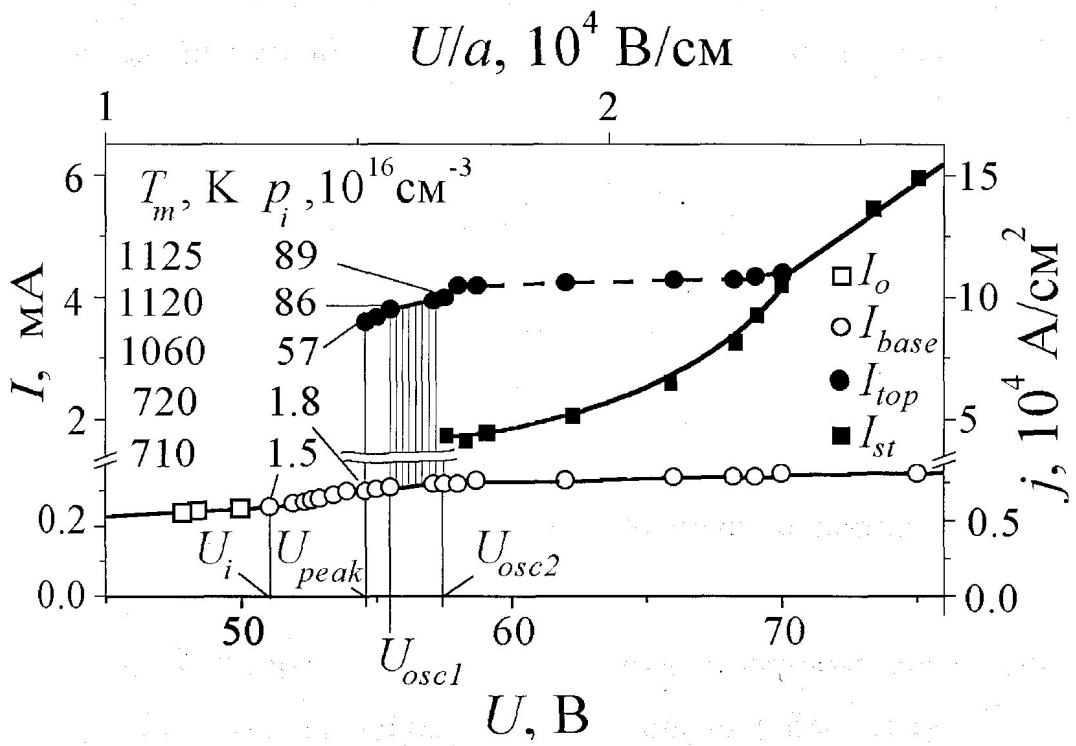
$d_{sub} = 400\ \mu m$

Осциллограммы тока при питании КНИ структуры импульсами напряжения прямоугольной формы



ВАХ КНИ структуры в режиме генератора импульсов напряжения





Перераспределение электронно-дырочной плазмы *b*-дрейфом

Плотности токов электронов и дырок:

$$j_n = e\mu_n nE + kT\mu_n\, dn/dx \qquad j_p = e\mu_p pE - kT\mu_p\, dp/dx$$

При условии $p >> n - p$

$$j_p = \frac{j}{1+b} - eD_{amb}\frac{\partial p}{\partial x},$$

где $j = j_n + j_p$ - плотность тока, протекающего в образце;

$$b = \mu_n/\mu_p = b(x);$$

$$D_{amb} = 2(kT/e)\mu_n\mu_p/(\mu_n + \mu_p)$$ - коэфициент амбиполярной диффузии.

Уравнение сохранения дырок: $$\frac{\partial p}{\partial t} = -\frac{p - p_0}{\tau} - \frac{1}{e}\frac{\partial j_p}{\partial x},$$

p_0 - термодинамически равновесная концентрация дырок;

τ - время жизни электронно-дырочных пар.

$$\frac{\partial p}{\partial t} = g - \underbrace{\frac{p - p_0}{\tau}}_{\text{реком-бинация}} + \underbrace{\frac{\partial}{\partial x}\left(D_{amb}\frac{\partial p}{\partial x}\right)}_{\text{диффузия}}, \qquad \text{где} \quad g = \frac{1}{e(1+b)^2} j \frac{\partial b}{\partial x}$$

$$\mu_n \sim T^{\alpha},\ \mu_p \sim T^{\beta}, \quad \alpha \neq \beta, \quad \frac{\partial b}{\partial x} = (\alpha - \beta)\frac{b}{T}\frac{\partial T}{\partial x}, \quad g = \frac{\alpha - \beta}{e(1+b)^2} j \frac{b}{T}\frac{\partial T}{\partial x}$$

германий $\alpha - \beta > 0$, при $g \downarrow$ $\frac{\partial T}{\partial x} < 0$

кремний $\alpha - \beta < 0$, при $g \downarrow$ $\frac{\partial T}{\partial x} > 0$

Выводы

1. В пленках КНИ при питании их постоянным током обнаружено возникновение свечения в виде регулярно расположенных красных пятен. Предложено качественное объяснение эффекта самоорганизацией электронно-дырочной плазмы - возникновением термодиффузионных автосолитонов.

2. При питании КНИ структур прямоугольными импульсами напряжения наблюдались мощные осцилляции тока. Предложен механизм возникновения осцилляций. Показано, что они возникают вследствие совместного действия двух конкурирующих процессов: термической генерации электронно-дырочных пар при возрастании тока и уменьшением концентрации пар *b*-дрейфом при его уменьшении.

Дякую за увагу !